

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-105337

(43)公開日 平成 6 年(1994) 4 月15日

(51)Int.Cl.⁵

H 0 4 N 11/20

G 0 6 F 15/66

G 0 9 G 5/04

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

7337-5C

8420-5L

8121-5G

審査請求 有 請求項の数17(全 15 頁)

(21)出願番号 特願平5-133055

(22)出願日 平成 5 年(1993) 6 月 3 日

(31)優先権主張番号 9 2 2 2 9 5

(32)優先日 1992年 7 月30日

(33)優先権主張国 米国 (U S)

(71)出願人 390009531

インターナショナル・ビジネス・マシーンズ・コーポレーション

INTERNATIONAL BUSINESS MACHINES CORPORATION

アメリカ合衆国10504、ニューヨーク州
アーモンク (番地なし)

(72)発明者 エフライム・フェイグ

アメリカ合衆国10510、ニューヨーク州
ライアクリフ・マナー、ノース・ステート・ロード 91

(74)代理人 弁理士 合田 深 (外 1 名)

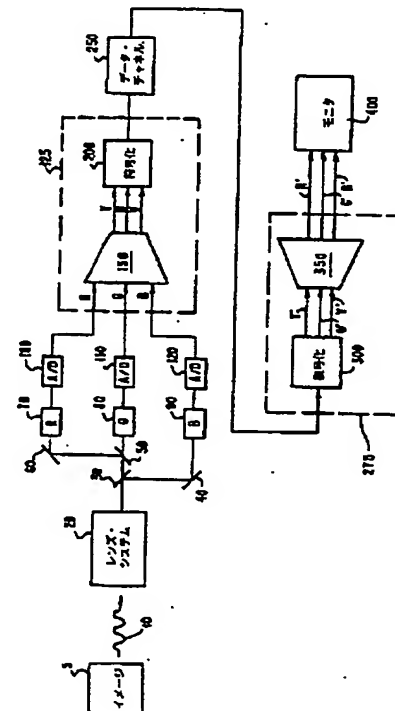
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 カラー・イメージ伝送のためのデジタル・イメージ・プロセッサ

(57)【要約】

【目的】 NTSC互換の方程式係数を有するRGB-YUV変換及びYUV-RGB変換から、従来の乗算演算を排除することにより、デジタル・イメージ・プロセッサの処理スピード或いは回路の複雑化(或いはその両者)を改善する。

【構成】 YUVデータを獲得するためにRGBデータを変換する色基本行列の変更が、基準化ファクタ及び係数行列に因子化される。係数行列はRGB入力ベクトルとのその積が、単に7回の2進加算と5回のシフト演算により達成されるような係数を含む。この処理はRGB-YUV変換から従来の乗算演算を効果的に除去する。基準化ファクタは伝送以前に、YUVデータの量子化に都合よく吸収される。



1

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 イメージをデータ・チャネル上に伝送する方法であって、

上記イメージを表す 2 進 RGB データを画素ロケーションにより編成する段階と、

上記 RGB データを 2 進シフト及び加算演算から成る RGB-YUV 変換を通じて、上記イメージを表す YUV データに変換する段階と、

上記イメージを表すデータ量を減らすために、上記 YUV データをフィルタリングする段階と、

上記フィルタリングされた YUV データを基準化する段階と、

上記基準化データを上記データ・チャネル上に伝送するための信号に変換する段階と、

上記信号を上記データ・チャネルに供給する段階と、を含むことを特徴とする方法。

【請求項 2】 上記イメージを表すデータ量を減らすために、上記 UV データがフィルタリングされサブサンプルされることを特徴とする請求項 1 記載の方法。

【請求項 3】 因子化行列により乗じられる基準化ファクタが上記 RGB-YUV 変換を形成し、上記基準化段階は上記基準化ファクタを吸収する、ことを特徴とする請求項 1 記載の方法。

【請求項 4】 イメージをデータ・チャネル上に伝送する方法であって、

上記イメージを表す 2 進 RGB データを画素ロケーションにより編成する段階と、

上記 RGB データを $Y = 2.5R + 5G + B$ 、 $U = 2.5R + 5G - 7.5B$ 、及び $V = -6R + 5G + B$ で表される上記イメージを表す YUV データに変換する段階と、

上記イメージを表すデータ量を減らすために、上記 YUV データをフィルタリングする段階と、

上記フィルタリングされた YUV データを基準化する段階と、

上記基準化データを上記データ・チャネル上に伝送するための信号に変換する段階と、

上記信号を上記データ・チャネルに供給する段階と、を含むことを特徴とする方法。

【請求項 5】 イメージを表示するための方法であって、データ・チャネルから信号をセンスする段階と、上記センス信号を YUV データに復号化する段階と、上記 YUV データを基準化解除する段階と、上記 YUV データを 2 進シフト及び加算演算から成る YUV-RGB 変換を通じて RGB データに変換する段階と、

上記 RGB データを表示手段上に表示する段階と、を含むことを特徴とする方法。

【請求項 6】 因子化行列により乗じられる対角行列が上記 YUV-RGB 変換を形成し、

2

上記基準化解除段階が上記対角行列を吸収する、ことを特徴とする請求項 5 記載の方法。

【請求項 7】 イメージを表示するための方法であって、データ・チャネルから信号をセンスする段階と、上記センス信号を YUV データに復号化する段階と、上記 YUV データを基準化解除する段階と、上記 YUV データを $R = Y - V$ 、 $G = Y + U + 0.5V$ 、及び $B = Y - 5U$ で表される YUV-RGB 変換を通じて、RGB データに変換する段階と、

上記 RGB データを表示手段上に表示する段階と、を含むことを特徴とする方法。

【請求項 8】 上記基準化解除処理が、

$$[\Delta] = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & .2 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

を吸収することを特徴とする請求項 7 記載の方法。

【請求項 9】 上記基準化解除処理が、

$$[\Delta] = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & .4 & 0 \\ 0 & 0 & 1.6 \end{bmatrix}$$

を吸収することを特徴とする請求項 7 記載の方法。

【請求項 10】 上記 YUV-RGB 変換は、上記 V データの 2 進位置を 1 ビット右シフトする段階と、

上記 U データを上記右シフトされた V データに加算して中間値 $\lambda 1$ を獲得する段階と、

上記 U データの 2 進位置を 2 ビット左シフトする段階と、

上記 U データを上記左シフトされた U データに加算して中間値 $\lambda 2$ を獲得する段階と、

上記 Y データを負の V データに加算して最終 R 値を獲得する段階と、

上記 Y データを上記 $\lambda 1$ に加算して最終 G 値を獲得する段階と、

上記 Y データを負の $\lambda 2$ に加算して最終 B 値を獲得する段階と、

を含むことを特徴とする請求項 8 記載の方法。

【請求項 11】 上記 YUV-RGB 変換は、上記 V データの 2 進位置を 1 ビット右シフトする段階と、

上記 U データを上記右シフトされた V データに加算して中間値 $\lambda 1$ を獲得する段階と、

上記 U データの 2 進位置を 2 ビット左シフトする段階と、

上記 U データを上記左シフトされた U データに加算して中間値 $\lambda 2$ を獲得する段階と、

上記 Y データを負の V データに加算して最終 R 値を獲得する段階と、

上記 Y データを上記 $\lambda 1$ に加算して最終 G 値を獲得する段階と、

上記Yデータを負の12に加算して最終B値を獲得する段階と、

を含むことを特徴とする請求項9記載の方法。

【請求項12】イメージをデータ・チャンネル上に伝送する送信機であって、

2進シフト及び加算演算により、RGBデータを上記イメージを表すYUVデータに変換する変換手段と、

上記イメージを表すデータ量を減らすために、上記YUVデータをフィルタリングするフィルタ手段と、

上記フィルタリングされたYUVデータを基準化する基準化手段と、

上記基準化データを上記データ・チャンネル上に伝送するための信号に変換する変換手段と、

上記信号を上記データ・チャンネルに供給するドライバ手段と、

を含むことを特徴とする送信機。

【請求項13】イメージを表示するための表示システムであって、

データ・チャンネルから信号をセンスするセンサ手段と、上記センス信号をYUVデータに復号化する復号化手段

と、

上記YUVデータを基準化解除する基準化解除手段と、

上記YUVデータを2進シフト及び加算手段によりRGBデータに変換する変換手段と、

上記RGBデータを表示する表示手段と、

を含むことを特徴とする表示システム。

【請求項14】イメージを表示するための表示システムであって、

データ・チャンネルから信号をセンスするセンサ手段と、上記センス信号をYUVデータに復号化する復号化手段

と、

上記YUVデータを基準化解除する基準化解除手段と、

上記YUVデータを $R=Y-V$ 、 $G=Y+U+0.5V$ 、及び $B=Y-5U$ で表されるRGBデータに変換する変換手段と、

上記RGBデータを表示する表示手段と、

を含むことを特徴とする表示システム。

【請求項15】イメージを格納する方法であって、

上記イメージを表す2進RGBデータを画素ロケーションにより編成する段階と、

上記RGBデータを2進シフト及び加算演算から成るRGB-YUV変換を通じて、上記イメージを表すYUVデータに変換する段階と、

上記イメージを表すデータ量を減らすために、上記YUVデータをフィルタリングする段階と、

上記フィルタリングされたYUVデータを基準化する段階と、

上記基準化データを格納用の信号に変換する段階と、

上記信号を信号記憶手段に供給する段階と、

を含むことを特徴とする方法。

【請求項16】イメージを格納する方法であって、

上記イメージを表す2進RGBデータを画素ロケーションにより編成する段階と、

上記RGBデータを $Y=2.5R+5G+B$ 、 $U=2.5R+5G-7.5B$ 、及び $V=-6R+5G+B$ で表

される上記イメージを表すYUVデータに変換する段階と、

上記イメージを表すデータ量を減らすために、上記YUVデータをフィルタリングする段階と、

上記フィルタリングされたYUVデータを基準化する段階と、

上記基準化データを格納用の信号に変換する段階と、

上記信号を記憶手段に供給する段階と、

を含むことを特徴とする方法。

【請求項17】イメージを格納する記憶システムであって、

RGBデータを2進シフト及び加算演算により、上記イメージを表すYUVデータに変換する変換手段と、

上記イメージを表すデータ量を減らすために、上記YUVデータをフィルタリングするフィルタ手段と、

上記フィルタリングされたYUVデータを基準化する基準化手段と、

上記基準化データを格納用の信号に変換する変換手段と、

上記信号を格納するための信号記憶手段と、

を含むことを特徴とする記憶システム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は一般にイメージ処理分野に関し、特にデジタル式にイメージを表現し、イメージのデジタル表現を伝送する方法及び装置に関する。更に詳しくは、本発明はRGB符号化イメージをYUV符号化イメージに変換し、反対にYUV符号化イメージをRGB符号化イメージに変換する方法及び装置に関する。

【0002】

【従来の技術】ビジュアル・イメージの表示及び伝送はモデム伝送にとって次第に重要性を増しつつある。特に、最近のコンピュータ駆動式表示装置にとって、イメージのシーケンスを映画において示されるような迅速なアクセスにより、受信、伝送、及び表示することは重要である。ビジュアル表示装置の品質は、ビジュアル・イメージをデジタル形式で表現することにより改善される。一般に、ビジュアル・イメージは、イメージを十二分に小さな画素と称されるピクチャ要素に分割し、各画素に色及びその色の輝度を表す値を割当てることにより表現される。例えば、典型的8インチ×10インチのビジュアル・イメージは768×1024画素の2次元配列に分割され、各画素は更に3個のサブ画素に分割される。3個のサブ画素は、各々、3つの主要色レッド、グリーン、ブルーの1つに関連される。各サブ画素にはサ

ブ画素の色の輝度レベルに対応するデジタル値が割当てられる。サブ画素は人間の目が各サブ画素を解析できない程度に十二分に小さい。むしろ、画素によりビューアに提供されるイメージは、各サブ画素の色に対応する輝度値により重み付けされる各サブ画素に関連する3色の組み合わせによる。結果的に、ビジュアル・イメージは輝度値の3個の2次元行列により表現される。

【0003】このデジタル・イメージは画素が小さいために、高品位のイメージを表現する。しかしながら、画素が小さくなると小さなサイズのイメージに対しより多くの画素が存在し、従って、格納、操作、及び伝送すべきより多くの輝度値が存在することになる。より多くの画素により、より多くのデータが要求される事実は、イメージの伝送能力の低下を生じる。なぜなら、伝送される各イメージに対応するデータ量が非常に大きくなるからである。その結果として、RGBデータを効率的に伝送及び格納することができ、表示用に再度RGBデータに再変換可能な別のデータ形式に変換するための種々の努力が成されてきた。最も頻繁に選択される新たなデータ形式は、RGBデータから輝度値及び2個のクロミナンス値への変換である。特に、輝度値はグレー・スケール上における画素の輝度を表し、これはモノクロ表示装置に対するイメージの正確な表現を提供する。輝度値はRGBデータの各輝度値を重み付けし、それらを組み合わせることにより獲得される。例えば、National Television Systems Committee (NTSC) 標準の輝度値は $Y = 0.299R + 0.587G + 0.114B$ であり、ここでRはレッド輝度値、Gはグリーン輝度値、Bはブルー輝度値を表す。2個のクロミナンス値は色がモノクロと如何に違うかに関する情報を伝達する。例えば、NTSC値では $U = Y - B$ 及び $V = Y - R$ である。RGBからYUVへの変換は、ほとんどのビジュアル輝度情報を輝度変数に圧縮する。この作用はビューアがイメージの重要部分を知覚するが、その全体を知覚しないと言う点で、カラー・イメージをモノクロ・モニタ上で眺めることに類似する。この作用はイメージを表現するデータ量を減少させるために有用である。なぜならYUVデータにおいては、クロミナンス・データの多くが廃棄され、コード値により置換されるように、デジタル的にフィルタリング及び符号化されるが、フィルタリング及び符号化されたYUVデータは、なおデジタル化イメージを正確に表現するからである。

【0004】続くデジタル・フィルタリングは不要なデータを排除する。典型的には、YUV成分の各々のブロック変換が、離散的余弦変換(DCT)などの技術により実施される。すなわち、各YUV成分はブロック・データに細分化され、これが次にフィルタリングされる。DCTフィルタの出力は次に符号化技術により、更に圧縮される。DCTフィルタに加え、DCT出力データのブロックは、水平或いは垂直(或いはその両者の)方向

にサブサンプルされる(典型的には2対1或いは4対1)。一般に、全てのDCT出力データがサブサンプルされる訳ではなく、クロミナンス成分からのDCT出力だけがサブサンプルされる。輝度成分からのDCT出力は大部分のイメージ・データを含むために、一般にそのままの状態を維持される。

【0005】RGBからYUVへの変換に伴う基本的問題は、データのYUV形式が都合よくフィルタリング及び圧縮されたとしても、RGBデータからYUV形式への変換にいくつかの乗算、加算、及び/或いは減算が要求されることである。これは各乗算、加算或いは減算にコンピュータ・プロセッサの実行時間を要する点で問題となる。各画素に対し複数の演算を処理し、イメージ当たり数千の画素を処理することは、相当量の処理時間を要する。この処理時間はイメージを順次的に表示するレートを低下させるのに十分な量に値する。この問題に対する従来技術に、乗算演算のルック・アップ・テーブルによる置換がある。これはRGB-YUV変換のスピードを増加させる。なぜならルック・アップ・テーブルは、しばしば加算或いは減算よりも十分に遅い乗算演算に必要な時間を減少させるからである。乗算は2進数システムでは典型的には一連のビット・シフト及び加算演算から成り立ち、従って各乗算に要する時間は加算演算の倍数となるため、乗算はしばしば、加算或いは減算よりも遅くなる。また、特殊目的の乗算ハードウェアは、特殊目的の固定小数点加算、減算、及びシフト・ハードウェアよりもより複雑である。ルック・アップ・テーブルが数値乗算演算を減少させるとしても、ルック・アップ・テーブル自体がそれほど高速ではない。更に、多くのコンピュータ・プロセッサがそのパイプライン構造により、多数の乗算を実行する時、乗算ステップの間の時間を非常に効率的に使用する。ルック・アップ・テーブルがコンピュータ・プロセッサと共に使用される場合、たとえ個々のルック・アップ・テーブル・オペレーションが乗算演算よりも高速であるとしても、パイプライン構造は崩壊され、RGB-YUV変換の全体的な処理効率は低下する。従って、ルック・アップ・テーブルは、RGB-YUV変換のスピードを高速化する上で、特に成功を納めたとは言えない。

【0006】RGB-YUV変換における乗算の数を減らすことを目的とする別の従来技術に、乗算が2の因数であるように、方程式における係数を再構成することが挙げられる。これは2進数システムにおける2の因数による乗算は、単に数をビット・シフトすることを意味し、非常に高速に実行される。例えば、 $Y = .25R + .5G + .25B$ の場合、.25とRの積は、実際に数を乗算するのではなく、Rを2ビット右方向にシフトすることにより実行される。このビット・シフト演算は、ハードウェアを変更すること無しに乗算時間を最小化することにより、RGB-YUV変換のスピードを極

めて改善する。この技術の問題は、NTSC係数が人間の目の感度にもとづき選択されることである。人間の目は3主要色の各々に均等には反応せず、また3主要色の輝度に比例しても反応しない。これは変換係数の著しい変更が、輝度変数の有効性を変更することを意味する。こうした色空間変数の変更は、圧縮する上で極めて有効性を損なう問題となる。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】本発明の目的は、改善されたデジタル・イメージ・プロセッサを製造すること

【0008】本発明の目的は、高速なデジタル・イメージ・プロセッサを製造することである。

【0009】本発明の目的は、高速なRGB-YUV変換を有するデジタル・イメージ・プロセッサを製造することである。

【0010】本発明の目的は、NTSCビデオ信号輝度及びクロミナンス方程式を近似する高速なRGB-YUV変換を有するデジタル・イメージ・プロセッサを製造することである。

【0011】本発明の目的は、NTSCビデオ信号輝度及びクロミナンス方程式のスカラ倍を近似する高速なRGB-Y-U-V変換を有するデジタル・イメージ・プロセッサを製造することである。

【0012】本発明の目的は、乗算を必要としないRGB-Y-U-V変換を有するデジタル・イメージ・プロセッサを製造することである。

【0013】本発明の目的は、高速なYUV-RGB変換を有するデジタル・イメージ・プロセッサを製造することである。

【0014】本発明の目的は、NTSCビデオ信号輝度及びクロミナンス方程式を近似する高速なYUV-RGB変換を有するデジタル・イメージ・プロセッサを製造することである。

【0015】本発明の目的は、乗算処理に要求される時間が短縮される高速なYUV-RGB変換を有するデジタル・イメージ・プロセッサを製造することである。

【0016】本発明の目的は、乗算を必要としないY-U-V-RGB変換を有するデジタル・イメージ・プロセッサを製造することである。

【0017】

【課題を解決するための手段】本発明はNTSCの場合とほぼ同一の方程式係数を有するRGB-YUV変換及びYUV-RGB変換における従来の乗算演算を除去することにより、デジタル・イメージ・プロセッサの処理スピードを改善する。特に、YUVデータを獲得するためにベクトル(RGB)^{*}が乗じられる行列が、対角行列及び係数行列に因子化される。係数行列の係数は7回の2進加算と5回のシフト演算により、(RGB)^{*}ベクトルにより乗じられる。この処理はRGB-YUV変

換における従来の乗算演算を効果的に除去する。対角行列は伝送以前に、フィルタリングされたYUVデータの量子化に都合よく吸収される。量子化処理は現存の乗算ステップを含み、量子化及びRGB-YUV変換乗算ステップが1ステップに折り込まれる。従って、対角行列の量子化ステップへの吸収は、乗算ステップが追加されないため、処理時間を増加させない。変換行列を因子化するこの処理は、逆変換処理にも適用される。逆変換処理では、RGBデータを獲得するために(YUV)^{*}ベクトルにより乗じられる行列は、5回の加算ステップと2回のシフト・ステップに減少される。再び、この処理は従来の乗算演算を効果的に排除する。また、対角行列は基準化解除(descaling)処理に吸収され、その結果、逆変換処理においても、乗算ステップが追加されることはない。

【0018】

【実施例】

【数1】

20 は以降「バーX」と記載する。

【数2】

30 は以降「ティルドX」と記載する。

【0019】図1は本発明によるデジタル・イメージの形成、伝送、及び表現のための装置の実施例を表す。イメージ対象5からのソース光10は、レンズ・システム20により光ビーム・ミラー・システムに伝達される。レンズ・システム20は一般に、実イメージを形成するための対物レンズ及びコンデンサ・レンズ、及び実イメージをミラー・システムに伝達するためのリレー・レンズから構成される。ミラー・システムはブルー反射ダイクロイック・ミラー30を含み、これはブルー光をミラー40によりセンサ手段90に伝達する。同様にミラー・システムはレッド反射ダイクロイック・ミラー50を使用し、レッド光をミラー60によりセンサ手段70に伝達する。残りのグリーン光は、直接、ミラー・システムを透過して、センサ80に伝達される。各センサ手段は光感知素子の2次元配列で構成され、各素子は光の輝度レベルをセンスし、その輝度レベルをアナログ電気信号に変換する。レッド・センサ配列内の各素子はグリーン及びブルー・センサ配列内に対応する素子を有し、特定の素子における輝度レベルを有するレッド、グリーン、及びブルー色の加算は、その特定の素子に対応するレンズ・システム20により生成される合成光信号となる。センサ素子の2次元配列における各素子の出力は、アナログ・デジタル(A/D)変換器に送られる。レッド・センサ手段70により生成されるアナログ信号は、A/D変換器100に送られ、グリーン・センサ手段80の出力は、A/D変換器110に送られ、ブルー・センサ手段90の出力は、A/D変換器120に送られ

る。A/D変換器はアナログ信号を、レッド、グリーン、及びブルーのセンサ内の各素子における光の輝度を表すデジタル値の2次元行列に変換する。この実施例におけるA/D変換器の精度は8ビットであるが、この精度は4、6、或いは10ビットなどの様々な値を取ることが可能である。A/D変換器は1個の2次元行列のためのデータを生成し、これはレッド、グリーン及びブルーの3色の各々に対応する行列内の各要素に対し、任意の精度の値を有する。いわゆるRGBデータと称される色センサ出力を表すデジタル値行列の生成は、上述以外の様々な従来方法によっても実施される。例えば、走査手段、或いは従来のコンピュータにより生成される色データの人工的生成は、RGBデータを生成するための典型的な方法である。これらの全ての方法において、RGBデータは共通に、色センサ素子の2次元配列の各素子における光強度の物理的測定を表す。

【0020】RGBデータが生成されると、データは変換され符号化される。特に、RGBデータはYUVデータに変換される。ここでY値は対応するレッド、グリーン、及びブルーのセンサにおける2次元配列内の単一の素子における合成RGBデータの輝度値を表す。また、U及びV値は、この2次元配列内の単一の素子における合成RGBデータの(Y-ブルー)及び(Y-レッド)値にそれぞれ比例する。デジタルRGBデータを含む3個の2次元行列は3個の2次元行列に変換され、その内の1行列はYデータを、別の1行列はUデータを、残りの1行列はVデータを有する。YUVデータはRGBデータよりも伝送効率よく符号化されるために、RGBデータは変換手段150によりYUVデータに変換される。特に、YUVデータに変換されたRGBデータは符号化手段200に送られ、これは選択的にデータをフィルタリングし、フィルタリングされたデータを量子化し、量子化されたフィルタリング・データを伝送のために符号化する。YUVデータの選択的フィルタリングは、離散的余弦変換(DCT)などのフィルタ手段を通じて実行される。

【0021】YUVデータはフィルタリングされた後、量子化される。量子化はフィルタリングされたYUVデータを基準化し、次に基準化データを最も近い2進整数に四捨五入する。フィルタリング・量子化手順は、イメージを再生するために必要なYUVデータの量を選択的に減少させる。RGB-YUV変換はビジュアル情報の実質的量を2次元配列の各素子に対応する輝度変数に圧縮し、これにより、U及びVデータの多くはビジュアル・イメージの再生に必要とされない。DCTフィルタは、更に、ビジュアル情報を相当に少数の出力値に圧縮する。続く量子化はイメージを正確に再生するために不要なフィルタリングされたYUVデータを系統的に除去する。大量のランダム・データよりも、基準化分布を有する大量データを伝送することの方が効率的であるた

め、全体的フィルタリング・量子化ステップが要求される。量子化処理は乗算ステップを含み、YUVデータの各フィルタリングされたベクトルは、YUVデータを基準化するための定数により乗じられる。最終的に、量子化された基準化データはハフマン符号化処理などの処理によりデジタル伝送用に符号化され、次に符号化データは電氣的或いは光学的信号に変換され、データ・チャンネル250上を伝送される。ハフマン(或いは類似の)符号化手順は、量子化YUVデータを都合よく伝送可能な直列ビット・ストリームに圧縮する。従来の電氣的変換装置は、次に直列ビット・ストリームを電氣信号に変換し、これが電氣信号運搬用の電氣的伝送ワイヤに供給される。コードー信号変換装置として光学式或いは電磁式装置も可能であり、これらも直列ビット・ストリームを光或いは電磁信号に変換し、これらは光媒体(光ファイバ・ケーブルなど)或いは電磁媒体(大気など)に供給される。

【0022】データ・チャンネル250は送信機、受信機、及び相互接続媒体を含む。相互接続媒体は電氣式或いは光学式であったり、衛生通信の場合には単に大気であったりする。従来のデータ送信機はデータを相互接続媒体を通じて、従来式のデータ受信機に伝送する。データ受信機はデータを復号化ユニットに送信する。符号化手段200に関連する符号化及びフィルタリング処理は、復号化手段300を通じて可逆性である。復号化手段は符号化データを復号化し、復号化データに対し逆DCT(IDCT)を実行する。IDCTは $Y^*U^*V^*$ データを生成するが、これは処理を開始したYUVデータと類似ではあるが、同一ではない。符号化手段200のハフマン符号化及びDCTの両者は可逆ではあるが、量子化処理は可逆性ではない。量子化処理では、データの一部が切り捨てられると、その切り捨てられた部分は回復不能であるため、不可逆となる。従って、逆DCT(IDCT)が復号化ハフマン・コードに対して実行される時、その結果である $Y^*U^*V^*$ データは処理を開始したYUVデータと同一ではない。 $Y^*U^*V^*$ データが生成された後、これは $Y^*U^*V^*-R^*G^*B^*$ 変換手段350に送られる。変換手段350は $Y^*U^*V^*$ データを $R^*G^*B^*$ データに変換し、後者はモニタに送信される。モニタ400は $R^*G^*B^*$ データからイメージを再生する。量子化が十二分に精細である場合、再生イメージはたとえRGBデータと $R^*G^*B^*$ データとが異なっても、RGBデータを生成した元のイメージに実質的に同一であると認識される。一方、量子化が粗である場合、再生イメージはRGBデータを生成した元のイメージの劣化バージョンとして認識される。

【0023】変換手段150及び符号化手段200はプロセッサ125を形成する。復号化手段300及び逆変換手段350は逆プロセッサ275を形成する。プロセッサ及び逆変換プロセッサの両者に対する中心的要素

は、変換及び逆変換オペレーションである。特に、変換 * ータに変換する。
手段は以下の関数に従い、RGBデータをY'U'V'デ * 【数3】

$$\begin{pmatrix} Y' \\ U' \\ V' \end{pmatrix} = [B] \begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix} .$$

ここで[B]は次式で表される。

$$[B] = \begin{pmatrix} 2.5 & 5 & 1 \\ 2.5 & 5 & -7.5 \\ -6 & 5 & 1 \end{pmatrix} .$$

次に次式が評価されなければならない。

$$0.118 [B] = \begin{pmatrix} .295 & .59 & .118 \\ .295 & .59 & -.885 \\ -.708 & .59 & .118 \end{pmatrix}$$

0.118[B]はNTSC色基本変更が次式で表されるため重要である。

$$\begin{pmatrix} Y \\ U \\ V \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} .299 & .587 & .114 \\ .299 & .587 & -.886 \\ -.701 & .587 & .114 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix} .$$

【0024】上式より変換手段150はNTSC色基本変更のスカラ倍を極めて正確に近似し、ここでスカラ倍は0.118に相当する。従来の変換手段はRGB→YUV変換を実行するために、いくつかの乗算を必要とする。それに対し本実施例の変換手段150は、従来の乗算ステップを必要としない。[B]と任意のベクトル(RGB)tとの積は、以下に示すように、7回の加算及び5回の2進シフトにより実行される。

【数4】

a1 = .5R = .5R (シフト)
a2 = a1 + G = .5R + G (加算)
a3 = 4a2 = 2R + 4G (シフト)
a4 = a2 + a3 = 2.5R + 5G (加算)
a5 = a4 + B = 2.5R + 5G + B = Y (加算)
a6 = 8R = 8R (シフト)
a7 = a6 + a1 = 8.5R (加算)
a8 = a5 - a7 = -6R + 5G + B = U (加算)
a9 = 8B = 8B (シフト)
a10 = .5B = .5B (シフト)
a11 = a9 + a10 = 8.5B (加算)
a12 = a5 - a11 = 2.5R + 5G - 7.5B = V (加算)

【0025】変換手段150は、各イメージにおける2次元配列内の全ての画素に対応するRGBデータの各セットに対し、上記2進シフト及び加算演算を実行する。これは(i,j)画素に対応するレッド値、(i,j)画素に対応するグリーン値、及び(i,j)画素に対応するブルー値は、シフト及び加算ステップにおける入力

であり、M×N画素イメージのi=0からM、及びj=0からNに対して繰返される。変換手段の出力はM×N画素を有する3つの行列を含み、その内の1行列はY'データを、1行列はU'データを、残りの1行列はV'データを有し、ここでY'=Y/0.118、U'=U/0.118、及びV'=V/0.118である。変換手段は従来のシフト及び加算論理で構成されるか、或いは本実施例で実行されるように、上記シフト及び加算演算を実行する命令を有する従来のデジタル・コンピュータの算術論理演算機構(ALU)に相当する。シフト演算は容易な2進乗算ステップを実行し、そこでは2進位置を1ビット左にシフトすると、2進値が2倍され、2進値を1ビット右にシフトすると、2進値に0.5が乗じられる。1画素に対応するY'、U'及びV'データは積ベクトルZを形成する。M×N画素の各々に対し、1個の積ベクトルが存在する。

【0026】全てのRGBデータがY'U'V'データに変換されると、各画素に対するY'U'V'データは符号化手段200に送られる。符号化手段200は各Y'、U'、及びV'データのセットに対し、独立にフィルタリング、量子化、及び伝送用にデータを符号化することにより作用する。フィルタ処理は基準化離散的余弦変換(SDCT)処理であり、Y'U'V'データの画素グループは、標準離散的余弦変換(DCT)データ値に固定乗算ファクタを乗じた値に等しく変換される。このSDCTは、乗算ファクタが全て1であり変換出力が標準DCT出力に等しいケースでは、標準DCTとなる。SDCT変換関数はデータの相関を解除し、人間の目が感知

30

40

50

13

するデータがかなり少数の値に圧縮されるように、Y、U、V データを重み付けする。特に画素値の Y、U、V 行列の各々は、画素のグループに分割される。本発明の実施例では 8 x 8 画素のグループが取られるが、4 x 4、6 x 6、12 x 12 或いは他のグループも可能である。各行列に対応する 64 画素の各グループ内のデータは、SDCT 変換データにより置換される。例えば、X (要素 x (i, j) を有する) が Y、U、V 行列の各々における各 64 画素内のデータを表し、SDCT として標準 DCT が使用される場合、SDCT 出力は AXA^* に等しい。ここで A は要素 $a(i, j) = Q_0 \cos[\pi(2j+1)i/2N]$ (ここで $i, j = 0, 1, 2, \dots, N-1$) を有し、 $Q_0 = 1/\sqrt{N}$ であり、 $i > 0$ に対しては $Q_i = \sqrt{2}/\sqrt{N}$ である。SDCT 変換は Y、U、V データの各行列内の 64 画素の各グループに対して繰返される。SDCT は様々な具体例により実施される。

【0027】本発明の実施例の基準化 DCT は次に示す行列識別にもとづく。すなわち、

$$C_8 = P_8 D_8 R_{8,1} M_8 R_{8,2}$$

ここで C_8 は 8 ポイント離散的余弦変換の行列であり、 P_8 は次式で示される。

【数 5】

$$P_8 = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{pmatrix},$$

【0028】 D_8 は 8 x 8 の対角行列であり、その対角要素は左上から右下方向に順に、 $2\gamma(0)$ の 1/2 倍、 $\gamma(4)$ 、 $\gamma(6)$ 、 $\gamma(2)$ 、 $\gamma(5)$ 、 $\gamma(1)$ 、 $\gamma(3)$ 、 $\gamma(7)$ であり、ここで $\gamma(k) = \cos(2\pi k/32)$ である。また $R_{8,1}$ 、 M_8 及び $R_{8,2}$ は次式で示される。

【数 6】

30

$$R_{8,1} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & -1 & 0 & 1 \end{pmatrix},$$

$$M_8 = \begin{pmatrix} 1 & & & & & & & \\ & 1 & & & & & & \\ & & 1 & & & & & \\ & & & \gamma(4) & & & & \\ & & & & 1 & & & \\ & & & & & \gamma(4) & & \\ & & & & & & \gamma(6) & \gamma(2) \\ & & & & & & -\gamma(2) & \gamma(6) \end{pmatrix},$$

$$R_{8,2} = R_1 B_2 B_3,$$

ここで

$$B_1 = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 \end{pmatrix},$$

$$B_2 = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix},$$

$$B_3 = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & -1 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix},$$

また

$$C_8 \otimes C_8 (P_8 D_8 R_{8,1} M_8 R_{8,2}) \otimes (P_8 D_8 R_{8,1} M_8 R_{8,2})$$

$$= ((P_8 D_8) \otimes (P_8 D_8)) (R_{8,1} M_8 R_{8,2}) \otimes (R_{8,1} M_8 R_{8,2}).$$

40 【0029】これらの識別から、8 x 8 ポイントにおける 2 次元基準化 DCT に関しては、最初に、

【数 7】

$$(R_{8,1} M_8 R_{8,2}) \otimes (R_{8,1} M_8 R_{8,2})$$

【0030】による積を計算し、次に

【数 8】

$$(P_8 D_8) \otimes (P_8 D_8)$$

【0031】による積を基準化に組込むことにより達成される。これはすなわち、

【数 9】

$$(P_8 D_8) \otimes (P_8 D_8) = (P_8 \otimes P_8) (D_8 \otimes D_8)$$

【0032】が符号付き順列行列により伴われる対角行列の積であることによる。実際の基準化DCT計算は、以下のような書き換えにより得られる公式にもとづき実行される。

【数10】

$$(R_{8,1}M_8R_{8,2})\otimes(R_{8,1}M_8R_{8,2})$$

$$(R_{8,1}\otimes R_{8,1})(M_8\otimes M_8)(R_{8,2}\otimes R_{8,2}).$$

【0033】前後の加算 $(R_{8,1}\times R_{8,1})$ 及び $(R_{8,2}\times R_{8,2})$ の積はそれぞれ128回及び288回の加算による行列形式で実行される。8x8基準化DCTの中心は $M_8\times M_8$ の積計算であり、これは行列形式では実行されない。8x8データ行列の第1、第2、第3及び第5列が、各々、Mにより乗じられる。これらの各々は $\gamma(4)$ による2回の乗算及び G_2 による積を含み、後者は3回の乗算と3回の加算とにより達成される。ここで G_2 は次式により示される。

$$(G_2\otimes G_2)$$

$$= \begin{pmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & -1 \\ -1 & 0 & 1 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} -\gamma(4)/2 & \gamma(4)/2 & 0 & 0 \\ -\gamma(4)/2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1/2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1/2 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & -1 \\ 0 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & -1 & 0 \end{pmatrix}$$

【0036】結局、8x8ポイントにおける2次元基準化DCTの全アルゴリズムは、54回の乗算と462回の加算、及び1/2による6回の乗算を要する。

【0037】この手順はまた行列形式によっても実行可能であり、この場合には、Xの列が最初に各々Aにより乗じられ、一時メモリに列として格納され、一方、この格納される行列の行は各々 A^* により乗じられ、最終結果はメモリ内に行により格納される。 A 及び A^* による乗算の効率的な方法が知られており、高速離散的余弦変換と称される。これについてはK. R Rao及びP. Yipによる“Discrete Cosine Transform, Algorithms, Advantage s, Applications” (Academic Press, New York, 1990) ページ48-120に詳しく述べられている。この手順はルックアップ・テーブル、ALU、或いはデジタル・データを処理するのに適切な他の装置によっても実行可能である。

【0038】SDCTデータが生成された後、SDCTデータは量子化される。量子化処理は2ステップの手順で実施され、SDCTデータがまず基準化され、次に最も近い整数に切り捨てられる。基準化処理は乗算ステップであり、3つの Y^- 、 U^- 及び V^- 行列の各々に対応する $M\times N$ 個のDCTデータ値の各々が、実験により決定される人間の視覚システムの特性を満足する定数により乗じられる。標準の圧縮方法では、DCT変換された Y 、 U 及び V 行列の各々における $p\times p$ (8x8) ブロ

【数11】

$$G_2 = \begin{pmatrix} \gamma(6) & \gamma(2) \\ -\gamma(2) & \gamma(6) \end{pmatrix},$$

【0034】第4及び第6列は $\gamma(4)$ Mにより乗じられる。これらの各々は $\gamma(4)$ による4回の乗算、2による2回の乗算、そして3回の乗算と3回の加算とによる $\gamma(4)$ G_2 積により実行される。第7及び第8列は $G_2\times M$ 積を求めるために同時に扱われる。16次元の列ベクトルが第7及び第8列の入力をインタリーブすることにより形成される。第1、第2、第3及び第5の各入力対は G_2 により乗じられ、第4及び第6の対は $\gamma(4)$ G_2 により乗じられる。

【0035】これらの各々は3回の乗算及び3回の加算を実施する。最後に、第7及び第8の入力対が $G_2\times G_2$ により同時に乗じられ、因子化にもとづくアルゴリズムの使用により、 $\gamma(4)$ による2回の乗算、10回の加算及び2回のシフトにより実行される。

【数12】

ックの各々は、所定量 γ_{ij} の逆数によりポイント式に乗算される。ここで $i, j \geq 0$ かつ $i, j \leq p$ である。 $p\times p$ 個の行列 (γ_{ij}) はしばしば量子化行列と称され、ポイント式乗算は基準化 (scaling) と称される。量子化行列は種々の変換色プレーン Y 、 U 及び V の各々に対して変化する。特に、従来のDCT例では、 $p\times p$ ブロックのDCT出力を z_{ij} とすると、基準化後のブロック出力は $b_{ij} = z_{ij} \gamma_{ij}$ となる。本発明では Y^- 、 U^- 、 V^- データに作用するSDCTを使用し、変更された量子化行列(バー γ_{ij})が使用される。 $p\times p$ ブロックにおけるSDCTの出力をバー z_{ij} とすると、基準化後のブロック出力はバー $b_{ij} = \text{バー}z_{ij} \text{バー}\gamma_{ij}$ となる。変更量子化行列は全ての i, j に対し $b_{ij} = \text{バー}b_{ij}$ のごとく選択される。量子化SDCTの出力は次に標準システムの出力に近似される。標準システムでは、RGB-YUV変換に続きDCT及び基準化が実行され、更に量子化行列を基準化ファクタ0.118を加味する様に変更する。すなわち、変更量子化行列(0.118バー γ_{ij})が使用される。基準化処理は種々の色プレーン Y^- 、 U^- 及び V^- の各々に対応するSDCT出力ブロックの各々に対して繰返される。この処理は少なくとも被乗数の精度と同じレベルの出力精度を維持するように、十分なビット数(最高精度の被乗数のビット数のほぼ2倍)を有するデジタル乗算器を使用する。量子化乗算及び因子化乗算の組合わせは、SDCTデータを量子化するために要求さ

れる時間に何等の変化も及ぼさない。なぜなら、 γ_{ij} ではなく単に異なる乗算オペランドすなわち0.118 γ_{ij} が使用されるに過ぎないからである。しかしながら、量子化乗算及び因子化乗算の組合わせ（すなわちファクタとしての0.118）は、色変換の実行に要求される時間に大きな影響を及ぼす。なぜなら、RGB-Y'U'V'変換は前述のように、シフト及び加算ステップを通じて実行されるからである。

【0039】RGB変換オペレーションを最小数のシフト及び加算演算に短縮することの重要性は、シフト及び加算演算が従来の乗算演算に比較して、非常に高速な点にある。更に、特殊目的のハードウェアが色変換を実施するために構成される場合、加算器及びシフト器は一般に乗算器よりも複雑ではなく、従って安価でエネルギー消費が小さい。本発明は2次元配列内の1画素に対応する各RGBデータ・セットに対し繰返されるため、節約される時間或いは複雑性は伝送される各イメージの画素数により乗じられる。これは特に、ビデオ・イメージの伝送においては特に重要である。なぜなら、データ変換は例えばビデオ表示を形成する毎秒15イメージのビデオ伝送の場合のように、多数のイメージについて実行されなければならない。従って、デジタル・イメージ変換のスピード及びデジタル・ビデオ表示の品位は、実質的に本発明の実施例によるRGB-Y'U'V'変換の効率の改善により向上される。

【0040】単純化された特殊目的のハードウェアを使用する本発明の実施例は、乗算のためのルック・アップ・テーブル（LUT）の使用である。この特定の実施例では、RGBデータはY'U'V'データに変換され、その後LUTを使用してほぼ0.118により乗算される。本実施例のLUTはRGB-YUV変換における従来のLUT乗数、0.229、0.587及び0.114による積ではなく、0.118により乗じられるY'データに対する積のみを格納する。同様に、固定定数による乗数を使用する特殊目的のハードウェアが色変換のために設計される場合、次に色基本行列のRGB-Y'U'V'変換の形式0.118 [B]への因子化は、定数0.118による単一の乗数だけを使用する実施例に導かれる。これはY成分を定義する3つの定数に対応する3つの固定乗数を有する標準RGB-YUV変換とは著しく異なる。

【0041】SDCTデータが量子化されると、データはハフマン符号化などのデータ符号化処理により符号化され、デジタル・データに変換され、次にデータ・チャネル上を伝送される。ハフマン符号化はルック・アップ・テーブルにより実行され、これにより入力データの固定長ワードは可変長符号ワードに変更される。符号化手段はまた種々の符号化処理に関するデジタルの実施例を含み、例えばALU、専用の乗算器またはシフト及び加算ユニット、或いはデジタル・データを処理する他の特

殊目的の装置などが含まれる。データ・チャネル媒体は電気式、光学式、或いは電磁気式などがあり、結果的に、個々のデータ・ビットを信号パルス（及びその逆）に変換する変換装置についても、電気式、電気-光式、或いは電磁気式装置であったりする。同様にデータ・ドライバ（或いは送信機）及びセンサ（受信機）についても電気式、光学式、或いは電磁気式装置であったりする。

【0042】伝送後、データは受信され、逆ハフマン符号化手順などの逆符号化手順を通じて復号化される。データは復号化されるた後、YUV形式のデータを生成するために、基準化解除を施され、逆DCTオペレーションを実行されねばならない。YUV形式データが生成されると、逆RGB変換によりモニタ上に表示するためのRGB形式のデータが生成される。多くのイメージ圧縮のアプリケーションでは、逆処理における時間及び複雑化の節約は、順方向処理の場合よりも重要である。これは例えばイメージ・データが一度圧縮され、多数のユーザにより様々な時間に伝送及び伸長される様な場合に当てはまる。たとえ圧縮処理が困難であっても、関連する伸長処理が効率的であれば、圧縮及び伸長処理は非常に有用と言える。なぜなら、圧縮データは一度、効率的に格納され、そうした格納の後、効率的な伸長が格納データに対して何度も実施されるからである。このタイプのデータの使用はデータ圧縮処理とは無関係に、データ伸長処理の効率性を頻繁に利用する。

【0043】図1の復号化手段300は符号化手段200の相補形手段である。例えば、ハフマン符号化法が符号化手段200として使用される場合、ハフマン復号化手段が復号化手段300において使用される。再度、この手段はルック・アップ・テーブル或いはデジタル・データを処理する他の類似の装置により実施される。復号化処理の出力は、量子化された基準化DCTデータの3つのM×N行列である。符号化手段300はまた基準化解除及び逆基準化DCT（ISDCT）変換を含む。基準化解除のステップは、単に、量子化処理における乗算及び切捨て処理ステップの逆の乗算ステップである。これはデータは一度切り捨てられると、データの切捨て部分は失われ、回復されないことによる。基準化解除処理における乗算ステップは、量子化SDCTデータのp×pブロック（本実施例では8×8）の各要素に値 $\beta_{ij}\delta_d$ を乗じる。ここで $\beta_{ij}=1/\gamma_{ij}$ であり圧縮処理の基準化を逆転し、また δ_d 、 $d=Y, U, V$ は、後述のYUV-RGB変換における因子化から引出される。基準化解除処理の後、ISDCT処理が結果のデータに適用される。

【0044】ISDCTは様々な実施例により実施される。本発明における逆基準化DCTは次に示す行列識別にもとづく。

【数13】

19

$$C_8^{-1} = R_{8,2}^t M_8^t R_{8,1}^t D_8 P_8^t,$$

【0045】ここで上記行列は以前に定義されたもので*

$$(C_8 \otimes C_8)^{-1} = ((R_{8,2}^t M_8^t R_{8,1}^t) \otimes (R_{8,2}^t M_8^t R_{8,1}^t)) ((D_8 P_8^t) \otimes (D_8 P_8^t))$$

【0046】ここで上付き文字^tは行列転置を意味する。これらの識別から、8 x 8ポイントにおける2次元の逆基準化DCTは、最初に

【数15】

$$(D_8 P_8^t) \otimes (D_8 P_8^t)$$

【0047】による積を基準化解除に組込み、次に

【数16】

$$(R_{8,2}^t M_8^t R_{8,1}^t) \otimes (R_{8,2}^t M_8^t R_{8,1}^t).$$

【0048】による積を計算することにより求められることが明らかである。実際の逆基準化DCT計算は、

【数17】

$$(R_{8,2}^t M_8^t R_{8,1}^t) \otimes (R_{8,2}^t M_8^t R_{8,1}^t).$$

$$(R_{8,2}^t \otimes R_{8,1}^t) (M_8^t \otimes M_8^t) (R_{8,2}^t \otimes R_{8,1}^t).$$

【0049】として書換える公式に従い実行される。前後の加算（すなわち

【数18】

$$(R_{8,2}^t \otimes R_{8,2}^t)$$

【0050】及び

【数19】

$$(R_{8,1}^t \otimes R_{8,1}^t)$$

【0051】による積はそれぞれ128回及び288

$$(G_2 \otimes G_2)^t$$

$$= \begin{pmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & -1 \\ -1 & 0 & 1 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} -\gamma(4)/2 & -\gamma(4)/2 & 0 & 0 \\ \gamma(4)/2 & -\gamma(4)/2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1/2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1/2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & -1 \\ 0 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & -1 & 0 \end{pmatrix}.$$

【0055】結局、8 x 8ポイントに対する2次元逆基準化DCTにおける全アルゴリズムは、54回の乗算及び462回の加算に加え、1/2による6回の乗算を必要とする。

【0056】この手順は行列形式によっても実行され、実質的にはSDCT処理の逆手順による。結果的に生じる出力は、ティルドY、ティルドU、ティルドVデータを有する3つの行列を表す。ティルドY、ティルドU、及びティルドV行列は、処理の最初に生成されたYUV

20

*あり、更に次式が成立する。

【数14】

回の加算による行列形式で実行される。逆基準化DCTの8 x 8の中心部分は、積計算

【数20】

$$M_8^t \otimes M_8^t;$$

【0052】であり、これは行列形式では実行されない。8 x 8データ行列の第1、第2、第3及び第5列が各々 M_8^t により乗じられる。これらの各々は $\gamma(4)$ による2回の乗算、及び G_2 による積を含む。後者は3回の乗算及び3回の加算により実行される。第4及び第6列は $\gamma(4) M_8^t$ により乗じられる。これらの各々は $\gamma(4)$ による4回の乗算、2による2回の乗算、及び $\gamma(4) G_2$ による積により実行され、後者の積は3回の乗算及び3回の加算により実行される。第7及び第8列は

【数21】

$$G_2^t \otimes M_8^t.$$

【0053】による積を実行するように同時に処理される。

【0054】16次元の列ベクトルが、第7及び第8列の入力をインターリーブすることにより形成される。第1、第2、第3及び第5の入力対は各々 G_2 により乗じられ、第4及び第6の入力対は $\gamma(4) G_2$ により乗じられる。これらの各々は3回の乗算及び3回の加算を必要とする。最後に第7及び第8の入力対が $(G_2 \otimes G_2)^t$ により同時に乗じられ、次に示す因子化にもとづくアルゴリズムの使用により、 $\gamma(4)$ による2回の乗算、10回の加算及び2回のシフトが実行される。

【数22】

データと正確には一致しない。これは量子化損失に依存するが、ほぼ同一と見なすことができる。

【0057】ティルドY、ティルドU、及びティルドVデータが生成されると、これらは変換手段350に送られ、ティルドR、ティルドG、及びティルドBデータに変換される。この変換を効率的に実行するため、変換は因子化される。特に、ティルドYUV-ティルドRGB変換手段350は次に示す形式を有する。

【数23】

$$\begin{pmatrix} \tilde{R} \\ \tilde{G} \\ \tilde{B} \end{pmatrix} = [D] \begin{pmatrix} \tilde{Y} \\ \tilde{U} \\ \tilde{V} \end{pmatrix}$$

ここで[D]は次のように表される。

$$D = \begin{pmatrix} 1 & 0 & -1 \\ 1 & 1 & .5 \\ 1 & -1 & 0 \end{pmatrix}.$$

次に次式が評価される。

$$[D][\Delta] = \begin{pmatrix} 1 & 0 & -1 \\ 1 & .2 & .5 \\ 1 & -1 & 0 \end{pmatrix},$$

ここで[\Delta]は

$$[\Delta] = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & .2 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix},$$

【0058】のように表され、YUV-RGB色変換における色基本行列の標準変更を非常に正確に近似する。ティルドRGB行列は、量子化損失により、処理を開始したRGBデータに正確には一致しないが、ほぼ一致するものと見なされる。

【0059】基準化ファクタ δd （前述参照）は上述の最後の式の行列 Δ から獲得される。すなわち、 $\delta Y = \delta V = 1$ で $\delta U = .2$ である。因子化は、 d を基準化解除処理に組込むための処理を説明し、この基準化解除処理*30

| | | | | | |
|------|-----|-------------------------|-----|---------------------------|-----|
| $a1$ | $=$ | $.5\tilde{V}$ | $=$ | $.5\tilde{V}$ | シフト |
| $a2$ | $=$ | $\tilde{U} + a1$ | $=$ | $\tilde{U} + .5\tilde{V}$ | 加算 |
| $a3$ | $=$ | $4\tilde{U}$ | $=$ | $4\tilde{U}$ | シフト |
| $a4$ | $=$ | $\tilde{U} + a3$ | $=$ | $5\tilde{U}$ | 加算 |
| $a5$ | $=$ | $\tilde{Y} - \tilde{V}$ | $=$ | \tilde{R} | 加算 |
| $a6$ | $=$ | $\tilde{Y} + a2$ | $=$ | \tilde{G} | 加算 |
| $a7$ | $=$ | $\tilde{Y} - a4$ | $=$ | \tilde{B} | 加算 |

【0061】この変換は5回の2進加算と2回のシフト演算を含むだけである。逆変換手段350は、最小シフト及び加算演算により、より高価な（すなわち、より遅いか或いはより複雑な）乗算演算を置換する点で、変換手段150と類似する。また、 δd ファクタは暗黙的に基準化解除ステップに組込まれるため、色変換により明示的に乗じられることはない。これは圧縮処理において量子化ステップに含まれる因子化に非常に類似するステップであり、この場合には基準化定数0.118が量子化処理に吸収される。変換手段350の出力は、ティルドR、ティルドG、及びティルドBデータである。本発明の実施においてプログラマブルなハードウェアが使用

*の後にISDCT変換が続き、行列[D]を介する色変換が、 δd ファクタを要せずに、基準化解除処理に対する極めて正確な近似を生成し、その後ISDCT変換及び標準YUV-RGB色変換が続いて実行される。

【0060】その入力がティルドY、ティルドU、及びティルドVである列ベクトルと行列[D]との積は、次に示すステップにより実行される。

【数24】

される場合、それは一般的色変換におけるハードウェアと同一であり、プログラムされる係数だけが変更される必要が生じる。特殊目的のハードウェアが使用される場合は、量子化における乗数が新たな定数を考慮するように調整されねばならない。

【0062】本発明の別の実施例は、クロミナンス・データのDCT出力を水平方向、垂直方向、或いは水平垂直両方向に2対1でサブサンプルする。すなわち、サブサンプル方向の1つおきのデータ・ポイントが使用される。上述の色変換におけるオペレーション・ステップ、 $a1$ 、 $a2$ 、 $a3$ 、 $a4$ はクロミナンス成分にだけ作用し、 $a5$ 、 $a6$ 、 $a7$ は輝度成分にだけ作用する。結果

的に、クロミナンス・データがサブサンプルされると、最初の4オペレーション・ステップが極めて低い頻度で発生する。例えば、クロミナンス成分が任意の方向に2対1でサンプルされる場合、クロミナンス・データ量は半分になる。従って、最初の4オペレーション・ステップは半分の時間だけ発生することになる。これは色変換に要する合計算術演算回数が、出力画素当たり4回の加算と1回のシフトで済むことを意味する。

【0063】これはすなわち、最初の4ステップの2回の加算と2回のシフトが、半分の頻度でしか発生しないことによる。同様にクロミナンス・データが両方向に2対1でサブサンプルされる非常に一般的な状況においては、色変換における合計算術演算回数は、出力画素当たり3.5回の加算と0.5回のシフトを含む。因子化による乗算との組み合わせによるDCT出力のサブ・サンプリングは、因子化だけに依存して実現される削減を越えて、更に2進加算及びシフト演算の有効回数を減少させる。

【0064】ここで述べられる順方向色変換（RGB-YUV変換）は従来の逆変換技術（YUV-RGB変換）と共に使用され、従来の順方向色変換により処理されるイメージと視覚的に同一のイメージを生成する。同様に、ここで述べられる逆色変換（ティルドYUV-ティルドRGB変換）は従来の順方向技術（RGB-YUV変換）と共に使用され、従来の逆色変換により処理されるイメージと視覚的に同一のイメージを生成する。これは特定の変換を実施するために使用される順方向色変換技術が、逆変換を実施するために使用される技術から切り離されることを意味する。図2では、符号化手段200からの符号化データが記憶手段425に格納され、ここで説明されたものとは異なる復号化及び逆変換手段を有する他のイメージ処理システムにより別々に使用される場合を表す。同様に図3は、YUV形式に符号化され記憶手段425に格納されたデータが、たとえ本発明で述べられる符号化及び順方向変換処理の利点を有さない場合においても、復号化され、モニタ表示用のRGB形式のデータに変換される様子を表す。記憶手段425としては、本発明によれば、それがイメージ格納用、或いはイメージ表示用の実施例であれ、デジタル・データを格納する従来の電気式、光学式、或いは電磁気式記憶手段が使用される。例えば、磁気記憶テープ、磁

気記憶ディスク、テープ或いはディスク・ライブラリ・システム、RAM、ROM、フラッシュ・メモリ、光ディスク、或いは他の類似のタイプの記憶媒体が、本発明の記憶手段として適切である。

【0065】変換手段150の別の実施例では、RGBデータをYCbCrに変換する。ここでCb=0.5U、Cr=0.625Vである。この実施例では、シフト及び加算ステップはRGB-YUV変換の場合のシフト及び加算ステップと同一である。しかしながら、単一の基準化ファクタ0.118が3つの異なる基準化ファクタにより置換され、その各々が各色プレーンに対応するため、余分な0.5及び0.625のファクタが用意される。次に示す対角行列[F]は量子化オペレーションに吸収される。

【数25】

$$[F] = 0.118 \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & .5 & 0 \\ 0 & 0 & .625 \end{pmatrix}$$

【0066】更に、ティルドYCbCr-ティルドRGB逆変換はティルドYUV-ティルドRGB逆変換と同じシフト及び加算演算を有するが、対角行列[Δ]ではなく対角行列[G]が基準化解除処理に吸収される。ここで対角行列[G]は次のように表される。

【数26】

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & .4 & 0 \\ 0 & 0 & 1.6 \end{pmatrix}$$

【0067】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、NTSCのそれとほぼ同一の方程式係数を有するRGB-YUV変換及びYUV-RGB変換から、従来の乗算演算を排除することにより、デジタル・イメージ・プロセッサの処理スピードを改善することが可能となる。

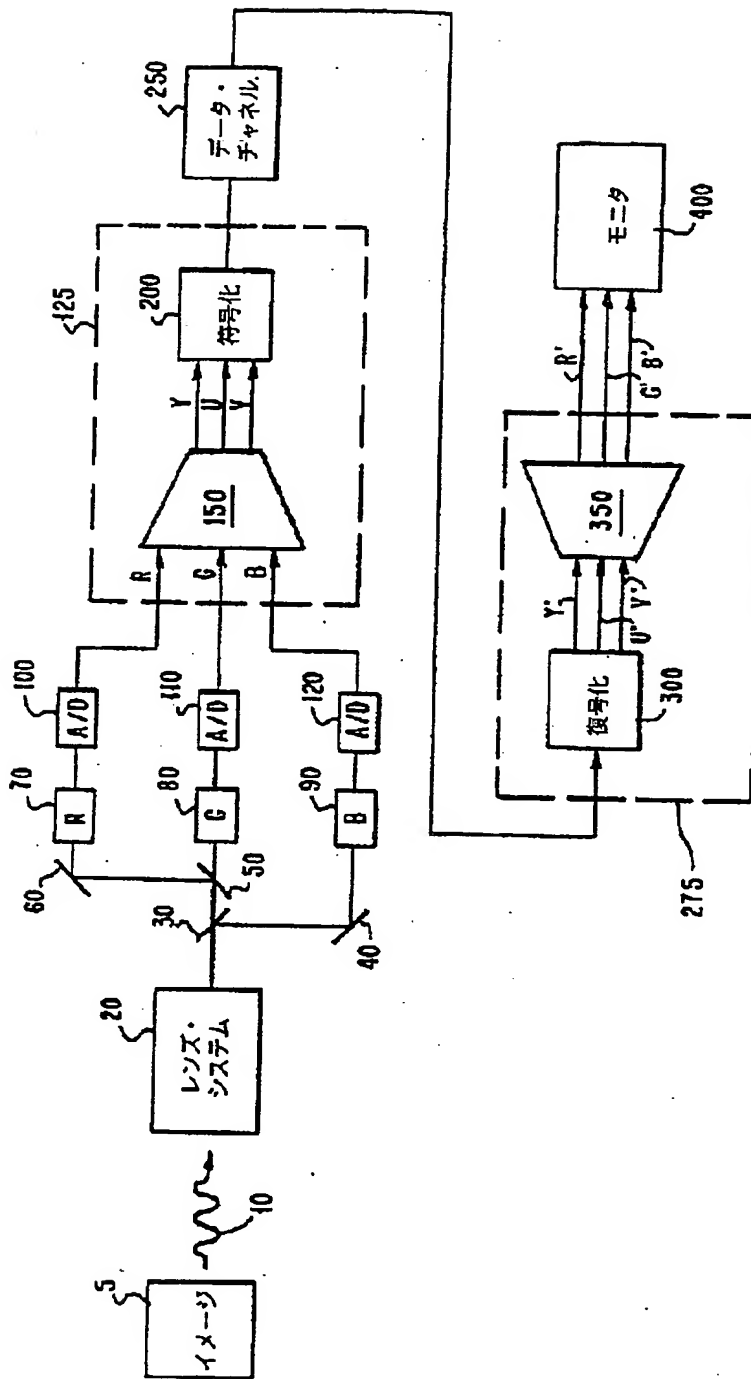
【図面の簡単な説明】

【図1】本発明によるデジタル・イメージ・プロセッサ・システムの実施例の図である。

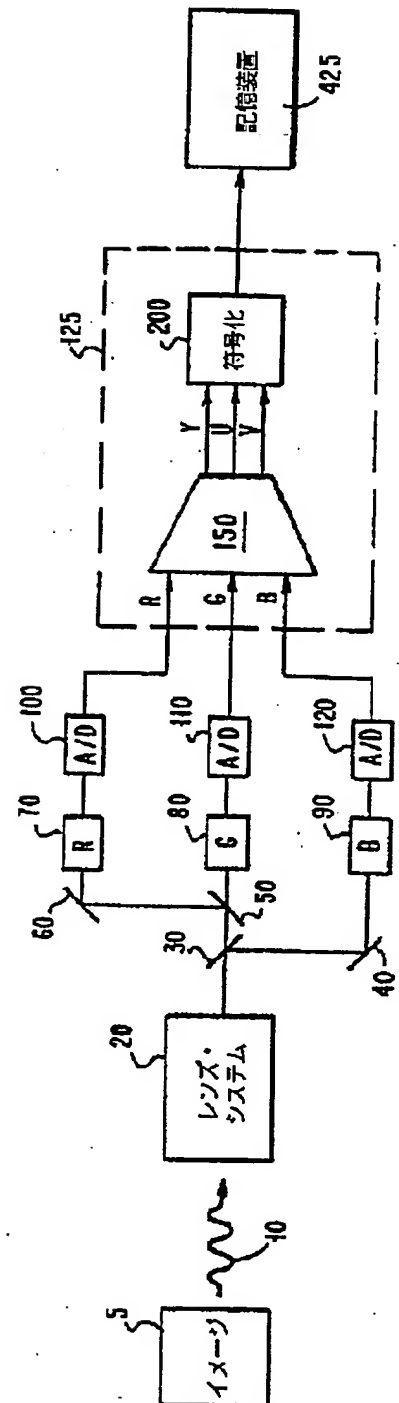
【図2】本発明によりイメージを格納するデジタル・イメージ・プロセッサを表す図である。

【図3】本発明によりイメージを表示するデジタル・イメージ・プロセッサを表す図である。

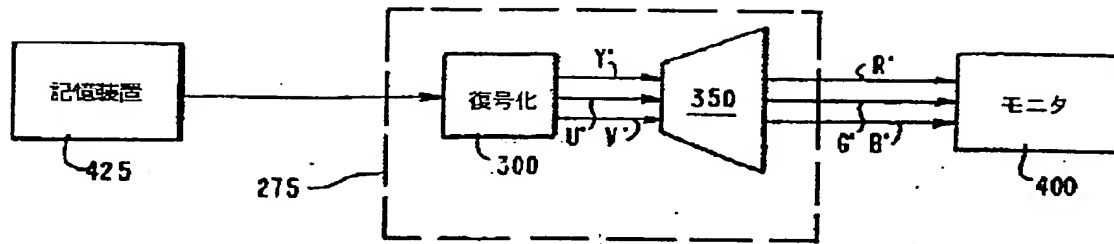
【図1】



【図2】



【図3】



フロントページの続き

(72)発明者 エリオット・ニール・リンザー
アメリカ合衆国10463、ニューヨーク州ブ
ロンクス、アパートメント 3エイチ、ウ
エスト239ストリート 600

This Page Blank (uspto)